

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5459628号
(P5459628)

(45) 発行日 平成26年4月2日(2014.4.2)

(24) 登録日 平成26年1月24日(2014.1.24)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 L 7/00 (2006.01) HO 4 L 7/00 Z
HO 4 L 12/44 (2006.01) HO 4 L 12/44 D
 HO 4 L 12/44 3 0 0

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-4236 (P2012-4236)
 (22) 出願日 平成24年1月12日(2012.1.12)
 (65) 公開番号 特開2013-143748 (P2013-143748A)
 (43) 公開日 平成25年7月22日(2013.7.22)
 審査請求日 平成25年1月8日(2013.1.8)

(73) 特許権者 000006507
 横河電機株式会社
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
 (72) 発明者 深澤 正行
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内
 (72) 発明者 青江 敬
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内

審査官 中木 努

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 時刻同期システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

時刻同期のためのパケットの通信を行って前記時刻同期の処理を行う時刻同期処理部と前記時刻同期以外の処理を行うメイン処理部とを有し、前記時刻同期処理部と前記メイン処理部とに異なるIPアドレスを付与したマスタと、

このマスタのうち前記メイン処理部と通信を行うときには前記メイン処理部のIPアドレスに時刻同期以外のパケット通信を行い、前記時刻同期の通信を行うときには前記時刻同期処理部のIPアドレスに時刻同期用のパケット通信を行う複数のスレーブと、

前記マスタと前記スレーブとの間を接続し、前記IPアドレスごとに通信されるパケットを振り分け、前記IPアドレスごとにバッファを設けた中継装置と、

を備えることを特徴とする時刻同期システム。

【請求項 2】

測定対象の物理量を測定または制御する物理量測定制御機器を備え、

前記マスタは、前記物理量の測定データの処理または制御データの生成を行う上位装置であり、

前記スレーブは、前記物理量測定制御機器との間で前記測定データまたは前記制御データを前記時刻同期以外のパケットとして前記物理量測定制御機器と前記マスタとの間を中継すること

を特徴とする請求項 1 記載の時刻同期システム。

【請求項 3】

前記スレーブと前記物理量測定制御機器との間の通信は無線通信を用いることを特徴とする請求項 2 記載の時刻同期システム。

【請求項 4】

前記無線通信は、時分割多重通信を用いて行うことを特徴とする請求項 3 記載の時刻同期システム。

【請求項 5】

前記物理量測定制御機器は、複数の前記スレーブの中から通信品質の良いスレーブを動的に選択して通信を行うことを特徴とする請求項 3 記載の時刻同期システム。

【請求項 6】

前記無線通信は、複数の前記スレーブが同期して時分割多重通信を用いて行うことを特徴とする請求項 3 記載の時刻同期システム。

【請求項 7】

前記スレーブは測定対象の物理量を測定または制御する物理量測定制御機器であり、前記マスタは、前記物理量の測定データの処理または制御データの生成を行う上位装置であり、

前記物理量測定制御機器は、前記測定データまたは前記制御データを前記時刻同期以外のパケットとして前記上位装置とパケット通信すること

を特徴とする請求項 1 記載の時刻同期システム。

【請求項 8】

前記時刻同期処理部は前記マスタから取り外し可能に構成し、前記マスタ以外の他のマスタに取り外した前記時刻同期処理部を取り付け可能に構成したこと

を特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の時刻同期システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスタと複数のスレーブとの間で通信を行うときの時刻同期システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

マスタと複数のスレーブとの間がネットワークで接続され、このネットワークを介してマスタと各スレーブとの間でデータ通信を行う。マスタおよび複数のスレーブはそれぞれ内部時計を内蔵しており、マスタと各スレーブとの間で時刻同期を図ることが重要である。この時刻同期を行うプロトコルの一例として、IEEE 1588 プロトコル（以下、1588 プロトコル）が知られている。

【0003】

1588 プロトコルでは、マスタと各スレーブとの間で、双方の内部時計を基にしたタイムスタンプ情報を記録したパケットを送受信することで、ネットワーク遅延と時刻差を求めて、内部時計を同期させている。この1588 プロトコルを利用した時刻同期システムとしては、例えば特許文献 1 に開示されている技術がある。

【0004】

一般に、1588 プロトコルでは、スレーブは自身の内部時計から求めた送信時刻を記録したパケットをマスタに送信する。マスタは、自身の内部時計で受信時刻を求める。送信時刻と受信時刻との差は、両時計の時刻差とネットワーク遅延を合算したものになる。マスタからスレーブに時刻同期用のパケットを送信するときも同様である。従って、ネットワーク遅延と時刻差とを計算して、両者の時計を同期していく。

【0005】

図 5 は従来時刻同期システム 101 を示している。この時刻同期システム 101 はマスタ 102 と 4 つのスレーブ（第 1 スレーブ 103 - 1 ~ 第 4 スレーブ 103 - 4 : 総称してスレーブ 103）と中継装置 104 とを有して構成している。マスタ 102 と各スレ

10

20

30

40

50

ープ103との間は、主に時刻同期以外のパケット通信が行われるが、時刻同期のためのパケット通信も行われる。

【0006】

中継装置104はマスタ102と各スレーブ103との間を通信するネットワークの中継装置であり、所謂レイヤ2スイッチ(図中でL2SW)が使用される。この中継装置104ではパケットに設定されているIPアドレスに基づいて、通信先を振り分けており、これによりマスタ102と各スレーブ103との間のパケット通信を実現している。

【0007】

複数のスレーブ103からマスタ102にパケットが通信された場合、中継装置104にパケットが集中して負荷がかかる。中継装置104としてのレイヤ2スイッチでは、図6に示すように、IPアドレスごとにバッファ105を設けており、バッファ105に入力された順番でマスタ102に対してパケットを出力する。

10

【0008】

図6は、4つのスレーブ103からマスタ102に対して通常パケット(時刻同期以外のパケット)P1、P2、P3と時刻同期のためのパケット(時刻同期パケット)とが中継装置104に対して出力されている状態(第1の通信例)を示している。通常パケットP1~P3並びに時刻同期パケットはマスタ102のIPアドレス宛てのパケットになっている。なお、図中では、時刻同期パケットは「1588」として示している。

【0009】

図6では、時刻同期パケットが最優先のパケットとなっており、バッファ105の先頭から最初にマスタ102に出力される。従って、最小の待ち時間T1で出力される。従って、他のパケットP1~P3の影響を受けることなく、最小の待ち時間T1で時刻同期パケットを出力することができる。

20

【0010】

図7は第2の通信例を示しており、時刻同期パケットが最優先になっているものの、バッファ105には既に通常パケットP1が到着しており、通常パケットP1の出力が開始されている。通常パケットP1の出力を途中で中断することができないことから、時刻同期パケットは通常パケットP1の出力が完了するまで待ち時間を生じる。これが待ち時間T2になる。そして、待ち時間T2の経過後に時刻同期パケットが出力される。

【0011】

30

図8は、第3の通信例を示しており、時刻同期パケットよりも通常パケットP1~P3の優先度が高い場合を示している。このため、時刻同期パケットは通常パケットP1~P3の出力が完了した後にマスタ102に出力される。このときには、最長の待ち時間T3の経過後に時刻同期パケットがマスタ102に出力される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2010-4321号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0013】

時刻同期パケットはマスタ102と各スレーブ103との間で時刻同期を図るためのパケットであり、このパケットの到着タイミングにバラツキを生じると、正確な時刻同期を行うことができない。つまり、スレーブ103が時刻同期パケットを送信してからマスタ102が時刻同期パケットを受信するまでのネットワーク遅延にバラツキを生じると、時刻同期の精度が低下する。

【0014】

図6のように、最初に時刻同期パケットが出力される場合には、他のパケットの影響を受けることがない。このため、ネットワーク遅延を最小の待ち時間T1とすることができる。待ち時間T1は他の通常パケットP1~P3の影響を受けることがないことから、マ

50

スタ 102 はこの時刻同期パケットに基づいて正確な時刻同期を行うことができる。

【0015】

一方、図7のように、時刻同期パケットが最優先に設定されているが、既に通常パケット P1 の出力が開始されている場合には、通常パケット P1 の出力完了後に時刻同期パケットの出力が開始される。このとき、通常パケット P1 の出力がどの程度まで進行しているかによって、待ち時間 T2 は変化する。

【0016】

例えば、100Mbps で通信している場合、通常パケット P1 のパケット長が1キロバイトのときには最大で80 μ s の待ち時間 T2 が発生する。従って、通常パケット P1 のサイズおよび出力がどの程度まで進行しているかによって、待ち時間 T2 は最大で80 μ s まで変化する。これは事前に予測することができない値となる。

10

【0017】

図8のように、時刻同期パケットよりも通常パケット P1 ~ P3 の優先度が高い場合には、通常パケット P1 ~ P3 の出力完了後に時刻同期パケットが出力される。通常パケット P1 ~ P3 のパケット長は可変であり、またどの程度まで出力が進行しているかは予測できないため、待ち時間 T3 は大きく変化する。

【0018】

前述したように、マスタ 102 或いはスレーブ 103 は時刻同期パケットに基づいて、時刻同期を行う。従って、図7や図8のように、待ち時間が変化する場合には、ネットワーク遅延にバラツキを生じるため、時刻同期精度が低下する。特に、多くのスレーブ 103 からマスタ 102 に向けてパケットの通信が行われると、パケットの集中が発生する。このパケットの集中の影響を受けて、ネットワーク遅延に大きなバラツキを生じる。

20

【0019】

そこで、本発明は、パケットが集中したときでも、ネットワーク遅延のバラツキを減少させることで、時刻同期精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

以上の課題を解決するため、本発明の時刻同期システムは、時刻同期のためのパケットの通信を行って前記時刻同期の処理を行う時刻同期処理部と前記時刻同期以外の処理を行うメイン処理部とを有し、前記時刻同期処理部と前記メイン処理部とに異なる IP アドレスを付与したマスタと、このマスタのうち前記メイン処理部と通信を行うときには前記メイン処理部の IP アドレスに時刻同期以外のパケット通信を行い、前記時刻同期の通信を行うときには前記時刻同期処理部の IP アドレスに時刻同期用のパケット通信を行う複数のスレーブと、前記マスタと前記スレーブとの間を接続し、前記 IP アドレスごとに通信されるパケットを振り分け、前記 IP アドレスごとにバッファを設けた中継装置と、を備えることを特徴とする。

30

【0021】

この時刻同期システムによれば、マスタにメイン処理部と時刻同期処理部とを設けて、異なる IP アドレスを付与している。これにより、時刻同期パケットは他の通常パケットの影響を受けることがない。従って、時刻同期パケットが通信されたときには、ネットワーク遅延にバラツキを生じることなく、時刻同期を行うことができる。

40

【0022】

また、測定対象の物理量を測定または制御する物理量測定制御機器を備え、前記マスタは、前記物理量の測定データの処理または制御データの生成を行う上位装置であり、前記スレーブは、前記物理量測定制御機器との間で前記測定データまたは前記制御データを前記時刻同期以外のパケットとして前記物理量測定制御機器と前記マスタとの間を中継することを特徴とする。

【0023】

物理量測定制御機器が測定した測定データは、スレーブを介して頻繁に上位装置に送信される。また、上位装置は物理量測定制御機器を制御する制御データを、スレーブを介し

50

て物理量制御機器に送信する。このため、パケットの集中が発生しやすい。一方、測定結果の正確性を期すために、上位装置と物理量測定制御機器との間で時刻同期を行うことが必要になる。このために、時刻同期システムを適用することができる。

【0024】

また、前記スレーブと前記物理量測定制御機器との間の通信は無線通信を用いることを特徴とする。

【0025】

物理量測定機器とスレーブとの間の通信を無線通信により行い、スレーブとマスタとの間でパケット通信を行うシステムに適用することができ、このシステムで時刻同期を行うことができる。

10

【0026】

また、前記無線通信は、時分割多重通信を用いて行うことを特徴とする。

【0027】

スレーブと物理量測定制御機器との間の通信は時分割マルチアクセス（時分割多重通信）を用いて行うことができる。

【0028】

また、前記物理量測定制御機器は、複数の前記スレーブの中から通信品質の良いスレーブを動的に選択して通信を行うことを特徴とする。

【0029】

物理量測定制御機器と複数のスレーブとの間は無線により通信を行うことを可能にして、電波の強さ等の電波状況（通信品質の状況）の変化に応じて、条件の良いスレーブを動的に選択して通信を行うことで、良好な通信を行うことが可能になる。

20

【0030】

また、前記無線通信は、複数の前記スレーブが同期して時分割多重通信を用いて行うことを特徴とする。

【0031】

時分割多重通信は複数のスレーブが同期して行うことで、良好な通信を実現することができる。このときに、各スレーブで正確に時刻同期を行うことができるため、良好な時分割多重通信を実現することができる。

【0032】

また、前記スレーブは測定対象の物理量を測定または制御する物理量測定制御機器であり、前記マスタは、前記物理量の測定データの処理または制御データの生成を行う上位装置であり、前記物理量測定制御機器は、前記測定データまたは前記制御データを前記時刻同期以外のパケットとして前記上位装置とパケット通信することを特徴とする。

30

【0033】

前述したように、スレーブと物理量測定制御機器との間で無線通信を行うこともできるが、スレーブを物理量測定制御機器として機能させることもできる。この場合には、スレーブ自身が物理量測定制御機器となるため、無線通信は発生しなくなる。

【0034】

また、前記時刻同期処理部は前記マスタから取り外し可能に構成し、前記マスタ以外の他のマスタに取り外した前記時刻同期処理部を取り付け可能に構成したことを特徴とする。

40

【0035】

時刻同期処理部を取り外し可能に構成して、他のマスタに移植可能に構成することで、時刻同期処理部を備えていないシステムで簡単に時刻同期を行うシステムを構築することができるようになる。

【発明の効果】

【0036】

本発明は、マスタにメイン処理部と時刻同期処理部とを設けて、異なるIPアドレスを付与しているため、ネットワーク遅延のばらつきが減少し、時刻同期パケットはネットワ

50

ーク遅延のばらつきの影響を受けることなく通信される。これにより、マスタとスレーブとの間の正確な時刻同期を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】実施形態の時刻同期システムの概要を示す図である。

【図2】時刻同期システムのける第1の通信例を示す図である。

【図3】時刻同期システムにおける第2の通信例を示す図である。

【図4】時刻同期システムにおける第3の通信例を示す図である。

【図5】従来の時刻同期システムの概要を示す図である。

【図6】従来の時刻同期システムにおける第1の通信例を示す図である。

10

【図7】従来の時刻同期システムにおける第2の通信例を示す図である。

【図8】従来の時刻同期システムにおける第3の通信例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。以下において、スレーブは物理量の測定を行う物理量測定制御機器と通信を行う装置を適用し、マスタはスレーブと通信して測定データの処理および物理量測定制御機器の制御を行う装置を適用した場合を説明する。勿論、マスタおよびスレーブは、これらには限定されない。例えば、変電所における時刻サーバを用いたシステムにも適用することができる。また、複数のビデオカメラをIEEE1588プロトコルで接続したシステムや家庭内AV用LAN(Local Area Network)における時刻同期システムにも適用できる。

20

【0039】

物理量測定制御機器として例えばフィールド機器が用いられる。物理量測定制御機器は、圧力、温度、流量等の物理量を測定する圧力計、温度計、流量計等の他、圧力、温度、流量等の物理量を目標値に一致させるように制御するコンプレッサやヒータ、バルブ等のアクチュエータとして用いられる。

【0040】

物理量測定制御機器(以下、フィールド機器とする)は、スレーブと有線または無線で通信可能になっており、測定した物理量を測定データとしてスレーブに送信する。スレーブは、離れた場所に配置されるマスタに測定データを送信する。マスタは1または複数のスレーブとネットワークを介して有線または無線で通信可能になっている。そして、スレーブから送信された測定データはマスタにより所定の処理がされる。

30

【0041】

また、マスタはフィールド機器を制御するための制御データを送信する。この制御データはネットワークを介してスレーブに受信され、当該スレーブがフィールド機器に制御データを送信することで、フィールド機器の制御を行っている。

【0042】

マスタおよびスレーブには内部時計が内蔵されており、マスタと各スレーブとの間で時刻同期を図ることが重要になる。例えば、ある所定のタイミングでフィールド機器が測定を行って、測定データをスレーブに送信する。スレーブは測定データをマスタに送信して、マスタで測定データを比較して物理量が正常であるか否かの判定を行う場合がある。このときに、マスタとスレーブとの間で時刻同期を図ることは極めて重要である。

40

【0043】

特に、スレーブは測定データを頻繁にマスタに通信するため、パケットの集中が発生しやすい。一方、時刻同期用のパケット(時刻同期パケット)は一定周期ごとに通信される。これにより、測定データのパケットの集中により、時刻同期パケットが影響を受けて、時刻同期精度が低下する。スレーブの時刻同期精度が低下すると、フィールド機器が同一のタイミングで測定対象を測定することができず、測定の精度を大きく低下させる。

【0044】

図1は、本実施形態の時刻同期システム1を示している。この時刻同期システム1は、

50

マスタ 2 と 4 つのスレーブ (第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 4 スレーブ 3 - 4 : 総称してスレーブ 3) と中継装置 4 と 4 つのフィールド機器 (第 1 フィールド機器 5 - 1 ~ 第 4 フィールド機器 5 - 4 : 総称してフィールド機器 5) とを有して構成している。

【 0 0 4 5 】

スレーブ 3 の個数は 4 つに限らず、複数であれば任意の数のスレーブ 3 を設けてもよい。また、フィールド機器 5 の個数も 4 つに限らず、複数であれば任意の数のフィールド機器 5 を設けてもよい。図 1 では、1 つのスレーブ 3 と 1 つのフィールド機器 5 とが通信を行うようにしているが、1 つのスレーブ 3 に対して複数のフィールド機器 5 が通信を行うようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

スレーブ 3 とフィールド機器 5 との通信は有線または無線の何れでもよいが、ここでは無線通信がされるものとする。一方、マスタ 2 とスレーブ 3 との間の通信も有線または無線の何れでもよいが、ここでは有線通信がされるものとする。従って、マスタ 2 と中継装置 4 と各スレーブ 3 とは有線により接続されている。

【 0 0 4 7 】

マスタ 2 は上位装置である。各スレーブ 3 はフィールド機器 5 と通信しており、フィールド機器 5 が測定した測定データを受信して、受信した測定データをマスタ 2 にパケット通信を行う。また、マスタ 2 から各スレーブ 3 に対して制御データがパケット通信され、この制御データは各スレーブ 3 から各フィールド機器 5 に通信される。これにより、マスタ 2 が各フィールド機器 5 の制御を行う。マスタ 2 と各スレーブ 3 との間はネットワークで接続されており、このネットワークの中に中継装置 4 が設けられる。ここでは、中継装置 4 としてレイヤ 2 スイッチ (図中で L 2 S W) を適用している。

【 0 0 4 8 】

マスタ 2 はメイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とを有している。メイン処理部 1 0 は時刻同期以外の処理を行うものであり、主に測定データの処理を行う。このために、メイン処理部 1 0 には高い処理能力を持つ C P U が適用される。時刻同期処理部 1 1 は時刻同期を行うための専用の処理部であり、C P U を適用してもよいし、時刻同期処理を行うための回路を適用してもよい。なお、時刻同期処理部 1 1 に C P U を適用した場合、当該 C P U は時刻同期処理に特化しているため、処理能力の低い C P U を適用することができる。

【 0 0 4 9 】

通常は、マスタ 2 としては 1 つの C P U の 1 個のネットワークポートを使い、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 との 2 つの機能を実現する。つまり、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 との 2 つの機能を持つ C P U がマスタ 2 に使用される。これにより、測定データの処理等と時刻同期処理とをマスタ 2 が行う。本実施形態では、マスタ 2 はメイン処理部 1 0 の C P U と時刻同期処理部 1 1 の C P U (または処理回路) との 2 つに分けて設けるようにしている。また、1 つの C P U が複数のネットワークポートを持つデバイスを用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

そして、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とは異なる I P アドレスが付与されている。これにより、スレーブ 3 の側からパケットを通信するときに、メイン処理部 1 0 に通信するパケット (通常パケット) なのか、時刻同期処理部 1 1 に通信するパケット (時刻同期パケット) なのかを区別することができる。従って、宛先の I P アドレスに対応したメイン処理部 1 0 または時刻同期処理部 1 1 にパケットが通信される。

【 0 0 5 1 】

図 2 には中継装置 4 の詳細が示されている。なお、図 2 以降では図面の都合上、フィールド機器 5 の記載を省略しているが、図 2 以降においても、スレーブ 3 はフィールド機器 5 と無線通信を行っている。図 2 の中継装置 4 は、セレクタ 2 1 と第 1 バッファ 2 2 と第 2 バッファ 2 3 とを有して構成している。セレクタ 2 1 は各スレーブ 3 から通信されるパケットを I P アドレスごとに通信先を振り分ける機能を有している。なお、図 2 において

10

20

30

40

50

、セクタ 2 1 から先の実線は第 1 バッファ 2 2 にパケットが送信されていることを示し、破線は第 2 バッファ 2 3 にパケットが送信されていることを示している。

【 0 0 5 2 】

第 1 バッファ 2 2 および第 2 バッファ 2 3 は IP アドレスごとに設けられる送信バッファである。第 1 バッファ 2 2 はメイン処理部 1 0 の IP アドレスに対応するバッファであり、第 2 バッファ 2 3 は時刻同期処理部 1 1 の IP アドレスに対応するバッファである。勿論、IP アドレスは 2 つに限らず、3 つ以上にしてもよく、その場合には、セクタ 2 1 が IP アドレスごとにバッファの出力先を振り分ける。なお、ここで言うバッファの数は論理的な数を意味し、物理的には 1 つのメモリをいくつか区切って使用することで、複数個のバッファの機能を実現できる。

10

【 0 0 5 3 】

従って、中継装置 4 の中継装置としてはセクタ 2 1 と第 1 バッファ 2 2 と第 2 バッファ 2 3 とを有していれば、レイヤ 2 スイッチに限定されず、任意の中継装置を用いることができる。

【 0 0 5 4 】

次に、動作について説明する。図 2 は第 1 の通信例を示している。第 1 フィールド機器 5 - 1 ~ 第 4 フィールド機器 5 - 4 から第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 4 スレーブ 3 - 4 に測定データが無線で通信される。このとき、第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 4 スレーブ 3 - 4 からほぼ同時にパケットが出力されたとする。第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 3 スレーブ 3 - 3 までは通常パケット P 1 ~ P 3 を出力し、第 4 スレーブ 3 - 4 は時刻同期パケット (図中で 1 5 8 8) を出力したとする。このため、中継装置 4 にパケットが集中する。

20

【 0 0 5 5 】

このとき、第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 3 スレーブ 3 - 3 は通常パケット P 1 ~ P 3 を出力するため、宛先の IP アドレスはメイン処理部 1 0 の IP アドレスになる。よって、セクタ 2 1 は通常パケット P 1 ~ P 3 を第 1 バッファ 2 2 に順番に格納する。そして、第 1 バッファ 2 2 に格納された先頭のパケット P 1 からメイン処理部 1 0 に出力される。

【 0 0 5 6 】

一方、第 4 スレーブ 3 - 4 は時刻同期パケットを出力する。この時刻同期パケットの宛先 IP アドレスは時刻同期処理部 1 1 の IP アドレスになっている。よって、セクタ 2 1 は時刻同期パケットを第 2 バッファ 2 3 に格納する。そして、第 2 バッファ 2 3 に格納された時刻同期パケットは最小の待ち時間 T 1 で時刻同期処理部 1 1 に出力される。

30

【 0 0 5 7 】

第 2 バッファ 2 3 に格納される時刻同期パケットは他の通常パケット P 1 ~ P 3 の影響を受けない。これは、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とで異なる IP アドレスを付与し、セクタ 2 1 により IP アドレスごとにパケットを振り分けているからである。

【 0 0 5 8 】

図 3 は第 2 の通信例を示しており、第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 3 スレーブ 3 - 3 までの通常パケット P 1 ~ P 3 が宛先 IP アドレス (メイン処理部 1 0 の IP アドレス) に基づいて、第 1 バッファ 2 2 に格納されている状態を示している。このとき、先頭のパケット P 1 の出力が開始されている。

40

【 0 0 5 9 】

一方、第 4 スレーブ 3 - 4 が出力した時刻同期パケットは宛先 IP アドレスが時刻同期処理部 1 1 の IP アドレスであるため、第 2 バッファ 2 3 の先頭から時刻同期パケットが時刻同期処理部 1 1 に出力される。このとき、時刻同期パケットは他の通常パケット P 1 ~ P 3 の影響を受けない。

【 0 0 6 0 】

つまり、通常パケット P 1 の出力が開始されたとしても、この通常パケット P 1 の出力が完了することを待つことなく、時刻同期パケットを時刻同期処理部 1 1 に出力することができる。これにより、最小の待ち時間 T 1 で時刻同期パケットを時刻同期処理部 1 1 に

50

出力することができる。

【 0 0 6 1 】

図 4 は第 3 の通信例を示しており、第 1 スレーブ 3 - 1 ~ 第 3 スレーブ 3 - 3 までの通常パケット P 1 ~ P 3 が宛先 IP アドレス (メイン処理部 1 0 の IP アドレス) に基づいて、第 1 バッファ 2 2 に格納されている状態を示している。通常パケット P 1 ~ P 3 は時刻同期パケットよりも優先度が高いと仮定する。このため、仮に第 1 バッファ 2 2 に時刻同期パケットが格納されると、最後尾に時刻同期パケットが格納されることになる。

【 0 0 6 2 】

しかし、図 4 に示すように、第 4 スレーブ 3 - 4 は宛先 IP アドレスに時刻同期処理部 1 1 を指定しており、これにより第 2 バッファ 2 3 に時刻同期パケットが格納される。従って、図 2 と図 4 の構成とは同じように図示されているが、最小の待ち時間 T 1 で時刻同期パケットを時刻同期処理部 1 1 に出力することができる。

10

【 0 0 6 3 】

従って、図 2 ~ 図 4 に示すように、第 4 スレーブ 3 - 4 から出力された時刻同期パケットは全て最小の待ち時間 T 1 で時刻同期処理部 1 1 に出力することが可能になる。つまり、他の通常パケット P 1 ~ P 3 の影響を受けることなく、常に同じ固定された待ち時間 T 1 で時刻同期処理部 1 1 に時刻同期パケットを出力することができる。

【 0 0 6 4 】

これにより、時刻同期パケットがスレーブ 3 から出力されて、マスタ 2 に入力されるまでの時間 (ネットワーク遅延量) は常に一定の値になり、バラツキを生じない。これにより、時刻同期精度の向上を実現することができる。しかも、時刻同期パケットは一定周期ごとにスレーブ 3 からマスタ 2 に出力されるため、時刻同期パケットが集中することが少ない。これにより、マスタ 2 とスレーブ 3 との時刻同期を最小の時間で行うことができる。

20

【 0 0 6 5 】

以上説明したように、マスタ 2 をメイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 との 2 つの系統に分けて、時刻同期処理部 1 1 の系統は時刻同期のために専用を使用することで、ネットワーク遅延量のバラツキを抑制することができ、時刻同期精度を向上させることができる。

【 0 0 6 6 】

また、マスタ 2 はメイン処理部 1 0 の CPU と時刻同期処理部 1 1 の CPU とを別の CPU として設けている。メイン処理部 1 0 の CPU は測定データの演算等の演算処理を行うため、高い演算能力が要求されるが、このように高い演算能力を持ち、且つ時刻同期処理を行うことができる CPU の選択肢は少ない。

30

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とで夫々異なる機能を持つ CPU に分けていることで、メイン処理部 1 0 は高い演算能力に特化した CPU を使用でき、CPU の選択肢の幅は広がる。また、時刻同期処理部 1 1 は時刻同期に特化した CPU であるため、それほど高い処理能力は要求されない。従って、時刻同期処理部 1 1 の CPU の選択肢の幅も広がる。

40

【 0 0 6 8 】

また、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とを 1 つの CPU で実現する場合には、高い演算能力を持ち、且つ時刻同期処理が可能な CPU を選択する必要があるため、CPU の選択肢が狭いだけでなく、高価な CPU を使用しなければならない。本実施形態では、メイン処理部 1 0 と時刻同期処理部 1 1 とで CPU を分けているため、高価な CPU を使用しなくてもよい場合、コスト削減を図ることができる。

【 0 0 6 9 】

また、時刻同期処理部 1 1 をマスタ 2 から取り外し可能に構成すると、他のマスタを使用するとき、この取り外した時刻同期処理部 1 1 を他のマスタに適用することができる。これにより、時刻同期処理部 1 1 を移植することで、他の機種システムに本実施形態

50

を適用することができる。

【0070】

また、図1乃至図4では、1つの中継装置4を介して、マスタ2とスレーブ3とが接続されていたが、複数の中継装置4を介してマスタ2とスレーブ3とが接続される場合もある。この場合には、複数の中継装置4の間を2系統で接続し、そのうち1系統を時刻同期パケットの専用として使用するようにする。

【0071】

また、図1乃至図4では、マスタ2と中継装置4とを分離した構成を例示したが、マスタ2と中継装置4とを一体的なハードウェアとして構成してもよい。

【0072】

また、以上説明した例では、1つのスレーブ3と1または複数のフィールド機器5との間で無線通信を行うように構成しているが、1つのフィールド機器5が複数のスレーブ3と無線通信を行うように構成することもできる。フィールド機器5とスレーブ3との位置関係によっては、1つのフィールド機器5が複数のスレーブ3と無線通信を行うこともできる場合がある。

【0073】

フィールド機器5が設置された環境によっては、電波の強さ等の電波状況（通信品質の状況）が変化する場合がある。従って、フィールド機器5が無線通信を行っていたスレーブ3との間の電波状況が悪化した場合に、電波状況の良好なスレーブ3に動的に無線通信を切り替えるようにしてもよい。スレーブ3を動的に切り替える場合、複数のスレーブ3が同期している必要がある。これにより、フィールド機器5とスレーブ3との間で良好な無線通信を実現することができる。

【0074】

また、図1乃至図4では、スレーブ3とフィールド機器5とが無線通信を行う例を示したが、スレーブ3自身がフィールド機器5、すなわち物理量測定制御機器として機能してもよい。つまり、スレーブ3が物理量の測定を行い、測定データをマスタ2に通信するようにしてもよい。この場合には、マスタ2はスレーブ3に対して制御データを送信して、スレーブ3の測定制御を行うようにすることができる。

【符号の説明】

【0075】

- 1 時刻同期システム
- 2 マスタ
- 3 スレーブ
- 4 中継装置
- 5 フィールド機器
- 10 メイン処理部
- 11 時刻同期処理部
- 21 セレクタ
- 22 第1バッファ
- 23 第2バッファ

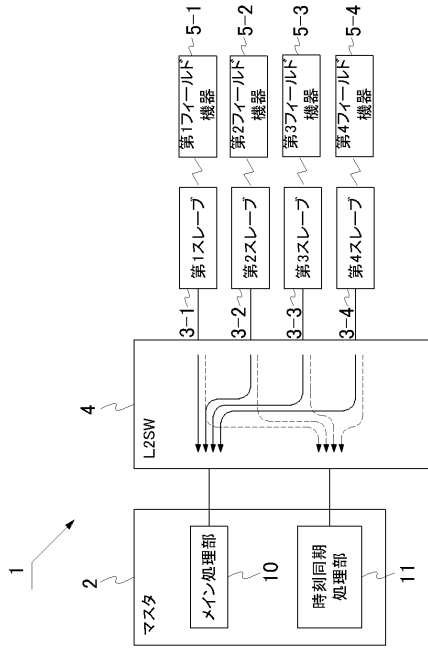
10

20

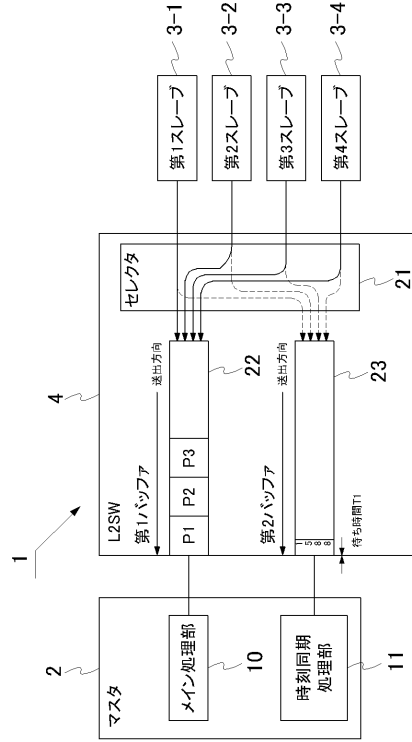
30

40

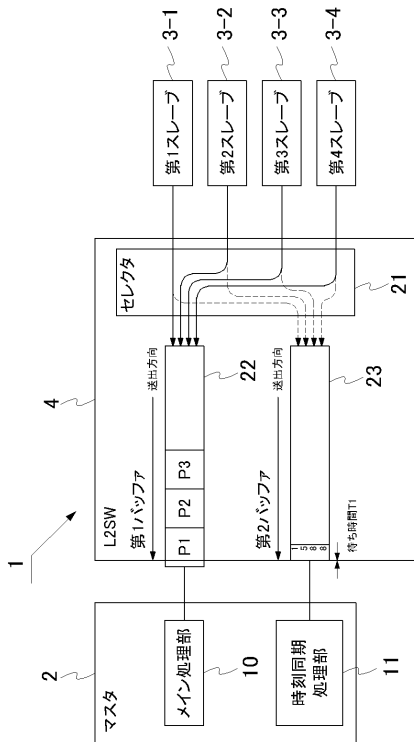
【図1】



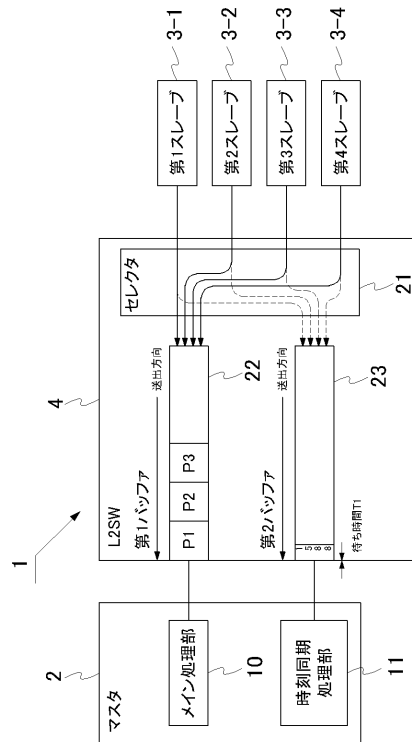
【図2】



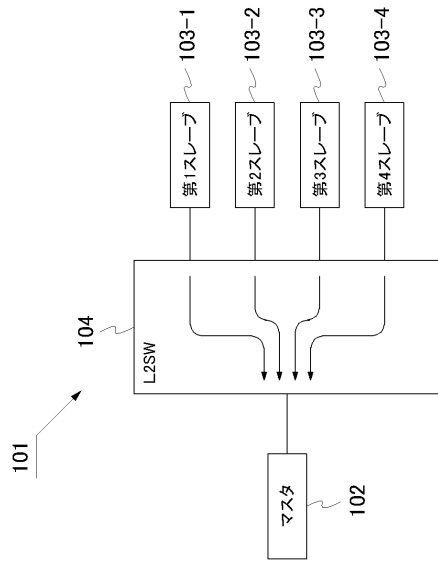
【図3】



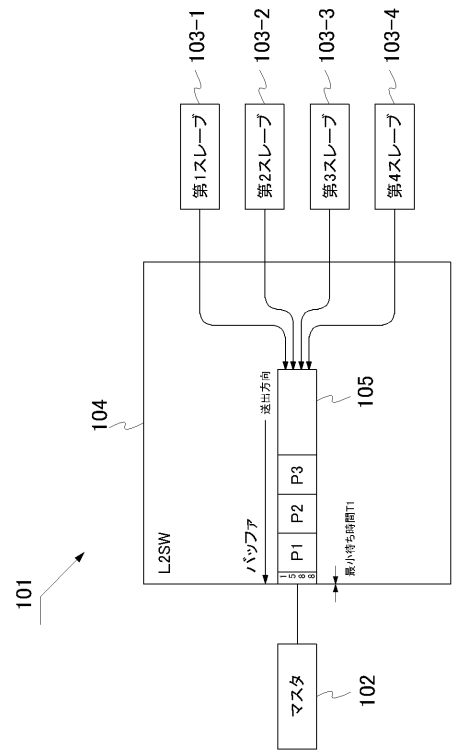
【図4】



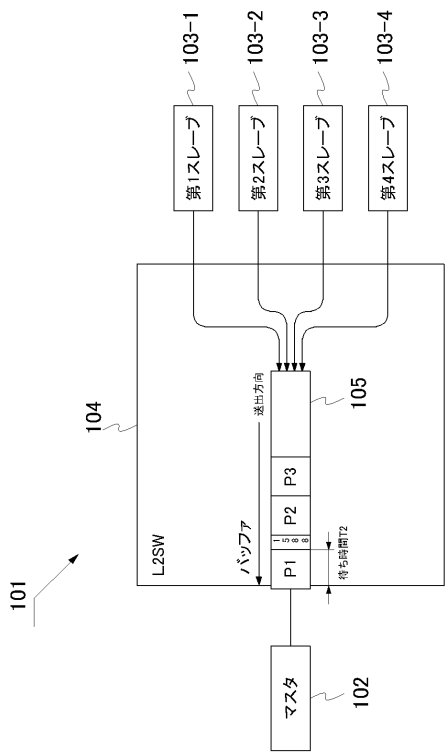
【図5】



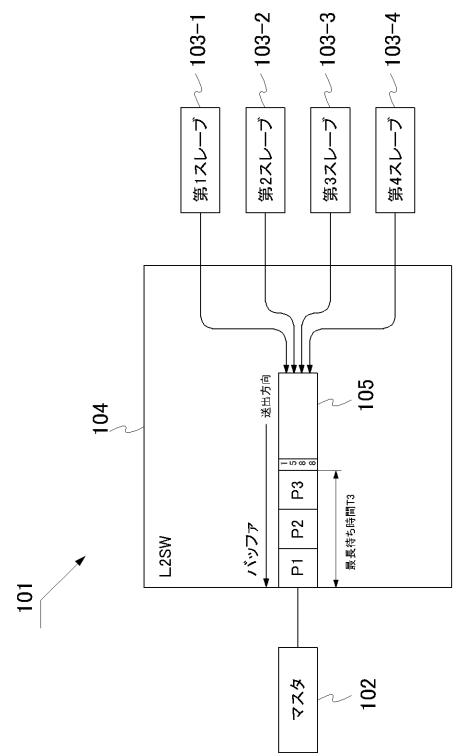
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-109534(JP,A)
特開2009-239785(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 7/00

H04L 12/28-46